

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003078190 A**

(43) Date of publication of application: **14.03.03**

(51) Int. Cl.

H01S 3/00
B23K 26/08

(21) Application number: **2001268576**

(22) Date of filing: **05.09.01**

(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**

(72) Inventor:
AKIYAMA YASUHIRO
OKADA NAOTADA
SASAKI MITSUO
OBARA TAKASHI

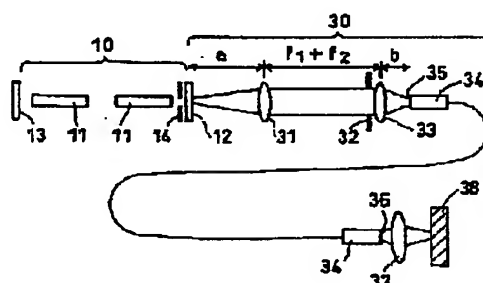
**(54) LIGHT TRANSMITTER AND LASER BEAM
GENERATOR/TRANSMITTER AND LASER
WORKING DEVICE**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light transmitter capable of transmitting a laser beam through an optical fiber while holding the maximum beam quality of the laser beam, a laser beam generator/transmitter using the light transmitter, and a laser working device.

SOLUTION: A light transmitter 30 is formed of a first lens 31 with a focal distance f_1 , a second lens 33 with a focal distance f_2 , and an optical fiber 34 for successively making incident a laser beam. When a distance between a beam waist 16 of the laser beam and the first lens 31 is defined as (a), a distance between the first lens 31 and the second lens 33 is defined as $f_1 + f_2$, and a distance between the second lens 33 and an incident edge 35 to the optical fiber 34 is defined as (b), the relation of the distances (a) and (b) is specified as the fixed relation.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-78190

(P2003-78190A)

(43) 公開日 平成15年3月14日 (2003.3.14)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テームト* (参考)

H 0 1 S 3/00

H 0 1 S 3/00

Z 4 E 0 6 8

B 2 3 K 26/08

B 2 3 K 26/08

K 5 F 0 7 2

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-268576(P2001-268576)

(22) 出願日 平成13年9月5日 (2001.9.5)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 秋山 靖裕

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株式会社東芝生産技術センター内

(72) 発明者 岡田 直忠

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株式会社東芝生産技術センター内

(74) 代理人 100081732

弁理士 大胡 典夫 (外2名)

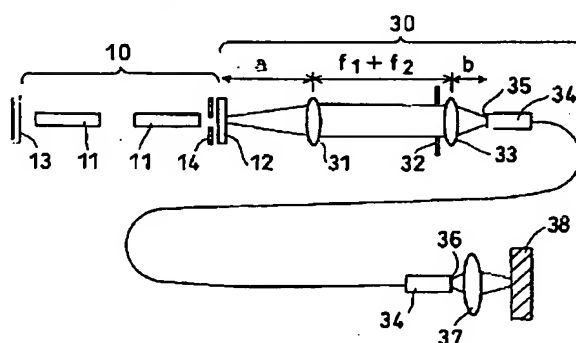
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送装置、レーザ光発生・伝送装置及びレーザ加工装置

(57) 【要約】

【課題】 レーザ光のビーム品質を最大限に保存したまままでの光ファイバによる伝送が可能な、光伝送装置と、それを用いたレーザ光発生・伝送装置及びレーザ加工装置を提供すること。

【解決手段】 光伝送装置30をレーザ光を入射する際に焦点距離 f_1 の第1レンズ31 焦点距離 f_2 の第2レンズ33及び光ファイバ34で形成しレーザ光のビームウェスト16から第1レンズ31までの距離が a 、第1レンズ31から第2レンズ33までの距離を $f_1 + f_2$ 、第2レンズ33から光ファイバ34の入射端35までの距離が b とした際に a と b の関係を一定の関係に特定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光伝送装置の一部を構成する光ファイバの入射端に、レーザ装置から出力されたレーザ光を入射するに際して、

前記光伝送装置は、前記レーザ光を入射する順に、焦点距離 f_1 の第1レンズ、焦点距離 f_2 の第2レンズ及び光ファイバで構成し、

前記レーザ光のビームウェストから前記第1レンズまでの距離を a 、前記第1レンズから前記第2レンズまでの距離を $f_1 + f_2$ 、前記第2レンズから前記光ファイバ入射端面までの距離を b とするとともに、 b は

【数1】

$$b = \left(\frac{f_1^2 f_2 + f_1 f_2^2 - a f_2^2}{f_1^2} \right)$$

であり、かつ、 $f_1 \neq f_2$ 、 $a \neq f_1$ 、 $b \neq f_2$ 、 $(a + b) < (f_1 + f_2)$ の条件を満たすように構成されていることを特徴とする光伝送装置。

【請求項2】 前記第2レンズの直前、もしくは、第2レンズと光ファイバの間に光ファイバへの入射開口数を制限するためのアパーチャを配置したことを特徴とする請求項1記載の光伝送装置。

【請求項3】 前記レーザ装置から出力されたレーザ光のビームウェスト位置にレーザ光のビームサイズを制限するためのアパーチャを配置したことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の光伝送装置。

【請求項4】 前記レーザ装置から出力されたレーザ光が前記光ファイバの入射端に入射するまでの光学系中に1枚もしくは複数枚の折り返しミラーを配置し、かつ、前記折り返しミラーの外側には前記光ファイバ端面を観察するためのカメラ用レンズとカメラモニタを設けたことを特徴とする請求項1記載の光伝送装置。

【請求項5】 固体レーザ発振器とこの固体レーザ発振器の出力側に光伝送装置が配置されたレーザ光発生・伝送装置において、前記光伝送装置には請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の光伝送装置を用いていることを特徴とするレーザ光発生・伝送装置。

【請求項6】 固定レーザ発振器に接続された光伝送装置により構成されたレーザ光発生・伝送装置を介してレーザ光を加工ヘッドへ伝送して被加工体を加工するレーザ加工装置において、前記レーザ光発生・伝送装置として請求項5に記載したレーザ光発生・伝送装置を用いていることを特徴とするレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、収束性の良好なレーザ光を伝送するための光伝送装置、この光伝送装置を備えたレーザ光発生・伝送装置、およびこのレーザ光発生・伝送装置を備えたレーザ加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 レーザ加工装置では図6に示すように、レーザ装置70から出射したレーザ光を、出射光学系（光伝送装置）71を形成する集光レンズ72と光ファイバ73により被加工物の近傍まで導き、光ファイバ73の出射端75に取り付けた加工ヘッド76を通して被加工物77に照射し、被加工物に加工を施すタイプの形式がよく用いられている。この場合、レーザ装置70からのレーザ光を光ファイバ73へ出射する光学系としては、1枚もしくは複数枚のレンズを組合せた一群の集光レンズによる方式が一般的である。それらは例えば、特開平8-167754号公報および特開平7-307513号公報に開示されている。この方法は、固体レーザ装置から出射されたレーザ光を、1枚もしくは1群の集光レンズで集光し、光ファイバに導く方法である。

【0003】 また、特開2001-94177号公報には、図7に模式図を示すように1枚もしくは一群の集光レンズの代わりに、固体レーザ装置70の出射位置から第1レンズ81までの距離が f_1 、第1レンズ81から第2レンズ82までの距離が $f_1 + f_2$ 、第2レンズ82から光ファイバ入射端83までの距離が f_2 となるような光ファイバへの入射光学系を設け、レーザ光のビームウェスト径を光ファイバ端面上に f_2 / f_1 (D_2 / D_1) 倍に縮小結像して入射するようにした技術が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら上述の特開平8-167754や特開平7-307513号に開示された方法では、レーザ光のビーム広がり角が変化した場合、最小スポットとなる位置がずれてしまう。そのために、光ファイバのコア径はずれ分を見込んで余裕を持って大きめに形成しなければならない。そのため、レーザ光のビーム品質を最大限に活用することが出来ない。

【0005】 また、特開2001-94177号公報に開示されたテレセントリック光学系では、レーザ光のビーム品質が保存され、レーザ光のビーム品質を最大限に活用することが出来る。しかし、レーザ光のビーム品質を最大限に活用し、細径の光ファイバに導入するためには、光ファイバに許容される開口数に近い値で、光ファイバに入射する必要がある。しかしながら、一般にレーザ光はガウシアンビームであるため、空間的に裾野を引くようなビーム形状を形成している。光ファイバにダメージを与えずに光ファイバ伝送するためには、光ファイバのコア径に対して余裕を持って小さなビームで光ファイバに入射する必要が生じ、ビーム品質を最大限に活用しているとは言えない。

【0006】 また、一般的にロッド型の固体レーザ装置の出射ビーム径は、レーザ出力が増加するに従って、小さくなり、反対に出射ビーム広がり角は大きくなる傾向

にある。このことは、特開2001-94177号公報に開示された方法によって入射光字系を設計した場合、レーザ出力が低い領域で、安全に光ファイバに入射できるようにするため、出射ビーム径が小さくなる高出力領域では、光ファイバのコア径よりも小さな集光径となり、レーザ光のビーム品質を十分に活用することが出来ない。

【0007】また、固体レーザ装置70の出射位置から第1レンズ81までの距離を f_1 、第2レンズ82から光ファイバの入射端83までの距離を f_2 と規定するため、集光光学系が長くなり、設計の自由度が制約を受ける等の欠点がある。

【0008】本発明はこれらの事情に基づいてなされたもので、レーザ光のビーム品質を最大限に保存したままの光ファイバによる伝送が可能な、光伝送装置と、それを用いたレーザ光発生・伝送装置及びレーザ加工装置を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明による手段によれば、光伝送装置の一部を構成する光ファイバの入射端に、レーザ装置から出力されたレーザ光を入射するに際して、前記光伝送装置は、前記レーザ光を入射する順に、焦点距離 f_1 の第1レンズ、焦点距離 f_2 の第2レンズ及び光ファイバで構成し、前記レーザ光のビームウェストから前記第1レンズまでの距離を a 、前記第1レンズから前記第2レンズまでの距離を $f_1 + f_2$ 、前記第2レンズから前記光ファイバ入射端面までの距離を b とするとともに、 b は

【数2】

$$b = \left(\frac{f_1^2 f_2 + f_1 f_2^2 - a f_2^2}{f_1^2} \right)$$

であり、かつ、 $f_1 \neq f_2$ 、 $a \neq f_1$ 、 $b \neq f_2$ 、 $(a + b) < (f_1 + f_2)$ の条件を満たすように構成されていることを特徴とする光伝送装置である。

【0010】また請求項2の発明による手段によれば、前記第2レンズの直前、もしくは、第2レンズと光ファイバの間に光ファイバへの入射開口数を制限するためのアパーチャを配置したことを特徴とする光伝送装置である。

【0011】また請求項3の発明による手段によれば、前記レーザ装置から出力されたレーザ光のビームウェスト位置にレーザ光のビームサイズを制限するためのアパーチャを配置したことを特徴とする光伝送装置である。

【0012】また請求項4の発明による手段によれば、前記レーザ装置から出力されたレーザ光が前記光ファイバの入射端に入射するまでの光学系中に1枚もしくは複数枚の折り返しミラーを配置し、かつ、前記折り返しミ

ラーの外側には前記光ファイバ端面を観察するためのカメラ用レンズとカメラモニタを設けたことを特徴とする光伝送装置である。

【0013】また請求項5の発明による手段によれば、固体レーザ発振器とこの固体レーザ発振器の出力側に光伝送装置が配置されたレーザ光発生・伝送装置において、前記光伝送装置には上記の光伝送装置を用いていることを特徴とするレーザ光発生・伝送装置である。

【0014】また請求項6の発明による手段によれば、固定レーザ発振器に接続された光伝送装置により構成されたレーザ光発生・伝送装置を介してレーザ光を加工ヘッドへ伝送して被加工体を加工するレーザ加工装置において、前記レーザ光発生・伝送装置として上記のレーザ光発生・伝送装置を用いていることを特徴とするレーザ加工装置である。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0016】図1は、固体レーザ装置に接続した本発明の光伝送装置とそれを組み込んだレーザ光発生・伝送装置、および、このレーザ光発生・伝送装置を用いたレーザ加工装置の模式図である。

【0017】固体レーザ装置10は、直列に配置された2本のレーザロッド11、11を挟んで光軸上に光共振器を形成して対向している全反射ミラー13と部分反射ミラー12、部分反射ミラー12とレーザロッド11、11の間に設けられたアパーチャ14によって構成されている。

【0018】図2は、この固体レーザ装置10をさらに詳細に示した構成とそのビームモードを示した説明図である。

【0019】固体レーザ装置10のレーザ共振器の内部でのビームモード15は、光軸を中心とした軸対象の曲線として形成されている。レーザロッド11、11の内部でレーザロッド11、11の径近傍まで広がり、それ以外の領域では広がりが増えられて光軸側に湾曲している。また、部分反射ミラー12が平面ミラーの場合は、部分反射ミラー12上にビームモード15の径が最小となるビームウェスト16が形成される。部分反射ミラー12が平面ミラーでない場合は、ビームウェスト16は、部分反射ミラー12の内側もしくは外側に形成される。アパーチャ14は、概ねビームウェスト16の位置に所定の孔径を有して設置されている。

【0020】なお、固体レーザ装置10には上述の構成のほかに、図3に構成図を示したように、レーザ発振器21からの出力を折り返しミラー22、23で折り返して増幅器24へ入射する構成にした固体レーザ装置10aを用いることもできる。なお、この場合はアパーチャ14は増幅器24の出力側に配置する。

【0021】また、図1に示すように、光伝送装置30

は、固体レーザー装置10の部分反射ミラー12の光軸上の前方に配置され、順次、光の進行方向に、焦点距離 f_1 の第1レンズ31、アパーチャ32、焦点距離 f_2 の第2レンズ33および光ファイバ34を配置している。なお、アパーチャ32は、固体レーザー装置10のアパーチャ14と共にレーザー光の径を制御して、レーザー光が光ファイバ34の入射端35でコア部以外に入射するレーザー光を制御して、光ファイバ34の入射端35の破壊を防止している。

【0022】図4(a)は、光伝送装置の配置図で、それに対応した光学的補助線とそれに対応した符号を記入した光学的説明図を図4(b)に示している。図4

(a)の光伝送装置の配置図では、アパーチャ14の位置にビームウェスト径 X が形成され、この位置から光軸上でレーザー光の進行の a の位置に焦点距離 f_1 の第1レンズ31が配置され、この第1レンズ31の前方(レーザー光の進行方向) $f_1 + f_2$ の距離には、焦点距離 f_2 の第2レンズ33が配置されている。また、第2レンズ33の光軸上の前方 b の距離には光ファイバ34の入射端35が配置されている。

【0023】また、図4(b)に示した光学的な説明図によれば、 $X' = (a' - f_1 - f_2) \tan \theta = (a' - f_2) \tan \psi$ 、 $\tan \theta = X/a$ 、 $\tan \psi = X/f_1$ であるから $a' = (f_1^2 + f_1 f_2 - a f_2) / (f_1 - a)$ となる。

【0024】また、 $1/a' + 1/b = 1/f_2$ であるから a と b の関係は、

【数3】

$$b = \left(\frac{f_1^2 f_2 + f_1 f_2^2 - a f_2^2}{f_1^2} \right)$$

としている。

【0025】この関係により、固体レーザー装置10のアパーチャ14の位置でのレーザー光のビームウェスト16の径を光ファイバ34の入射端35に f_2/f_1 倍に縮小結像して入射することができる。

$$\left(\frac{f_1^2 f_2 + f_1 f_2^2 - a f_2^2}{f_1^2} \right) \times 0.9 < b < \left(\frac{f_1^2 f_2 + f_1 f_2^2 - a f_2^2}{f_1^2} \right) \times 1.1$$

でも可能である。

【0029】また、図1に示したように、光ファイバ34の出射端36の光軸上の前方には加工ヘッドを構成する加工レンズ37が配置されており、光ファイバ34で伝送されてきたレーザー光を被加工体38の表面に集光して照射し、被加工体38に対して所定の処理を施す。したがって、固体レーザー装置10から出射したレーザー光のビーム品質を最大限に生かすことが可能となり、従来の方式に比べてより精密な加工、例えば、溶接、マーキン

【0026】なお、従来の技術の項で説明した、特開2001-94177号公報に開示されている技術は、上記の式で $a = f_1$ (また、 $b = f_2$) となる特殊なケースの場合である。通常、光ファイバ34のコア径は、固体レーザー装置10のビームウェスト16の径に比較して、 $1/10 \sim 1/20$ 倍程度の小さい断面積であるため、光ファイバ34の入射端35への結像倍率もその程度としなければならない。そのため第1レンズ31の焦点距離は比較的大きな長さとなる。もし、 $a = f_1$ とした場合は、固体レーザー装置10から光ファイバ34の入射端35までの距離が長くなり、装置が大型化するという欠点がある。

【0027】これに対して、上述の実施の形態によれば、光伝送装置30をレーザー光の進行方向にしたがって、焦点距離 f_1 の第1レンズ31、焦点距離 f_2 の第2レンズ33および光ファイバ34により構成し、固体レーザー装置10から出力したレーザー光のビームウェスト16から第1レンズ31までの距離を a 、第1レンズから第2レンズ33までの距離を $f_1 + f_2$ 、第2レンズ33から光ファイバ34の入射端35までの距離を b となるようなレーザー光発生・伝送装置で、 a と b の関係を、

【数4】

$$b = \left(\frac{f_1^2 f_2 + f_1 f_2^2 - a f_2^2}{f_1^2} \right)$$

ただし、 $f_1 \neq f_2$ 、 $a \neq f_1$ 、 $b \neq f_2$ 、 $(a + b) < (f_1 + f_2)$ として、 a 、 b 、 f_1 、 f_2 の値を任意に設定することにより、レーザー光のビームウェスト16の径を光ファイバ34の入射端35上に f_2/f_1 倍に縮小結像して入射することが可能となる。

【0028】なお、 b の値については、上記の式の右辺に $0.9 \sim 1.1$ の値を乗じた範囲内でも同様な作用が得られることを実験的に確認している。したがって、 b の値は

【数5】

グ切断およびスクライビング等を行うことが可能となる。

【0030】次に、図5を参照して光伝送装置30の変形例について説明する。この場合は、固体レーザー装置10の光軸上の前方に設けられた第1レンズ31の前方に2枚の折り返しミラー41、42を配置して反射光を第2レンズ33に入射させ、集光した光を光ファイバ34の入射端35に入射している。また、折り返しミラー42はハーフミラーを用いて、光ファイバ34の入射端3

5から直線位置に光ファイバ端面モニタ43とモニタ用レンズ44を配置し、モニタ用レンズ44と第2レンズ33で光ファイバ34の入射端35の端面観察用の結像光学系を形成している。したがって、例えば、光ファイバ端面モニタ43としてCCDカメラを用いることにより、光ファイバ34の入射端35での端面の状況をモニタすることができる。

【0031】以上に説明したように本実施の形態によれば、ビームウェストと第1レンズとの距離を任意に設定できるので、装置の光学設計上の自由度を大幅に向上させることができる。

【0032】

【発明の効果】本発明によれば、レーザ光のビーム品質を最大限に保存したまま光ファイバによる伝送が可能となり、それにより分解能の高い精密加工が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のレーザ加工装置の模式図。

【図2】固体レーザ装置の構成図。

【図3】固体レーザ装置の変形例の構成図。

【図4】(a)は、光伝送装置の配置図、(b)は、その光学的説明図。

【図5】光伝送装置の変形例の構成図。

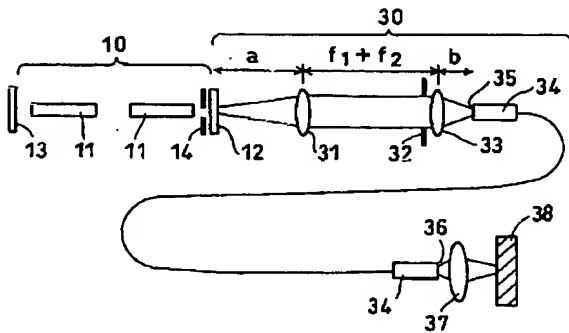
【図6】従来のレーザ加工装置の構成図。

【図7】従来の光ファイバへの入射光学系の模式図。

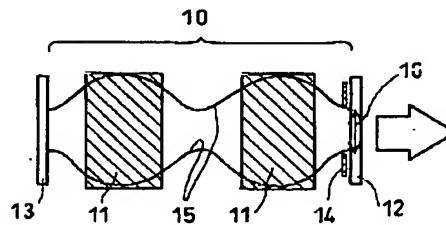
【符号の説明】

10、10a…固体レーザ装置、14…アパーチャ、15…ビームモード、16…ビームウェスト、30…光伝送装置、31…第1レンズ、32…アパーチャ、33…第2レンズ、34…光ファイバ、35…入射端、37…加工ヘッド、38…被加工体

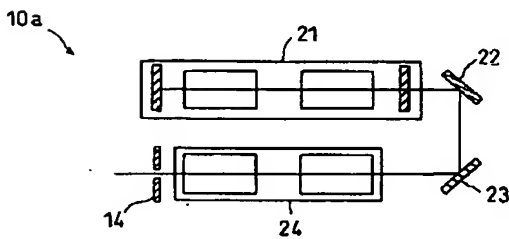
【図1】



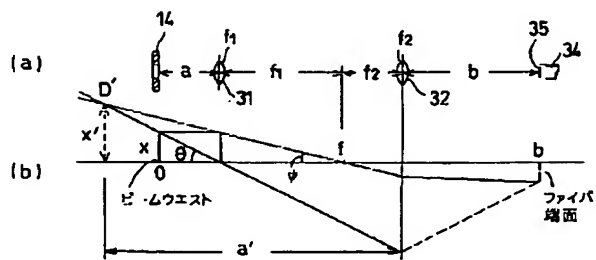
【図2】



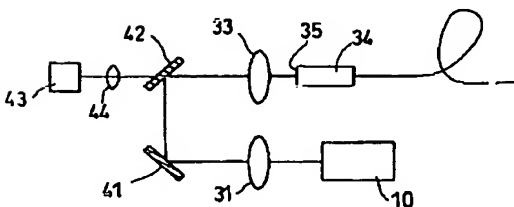
【図3】



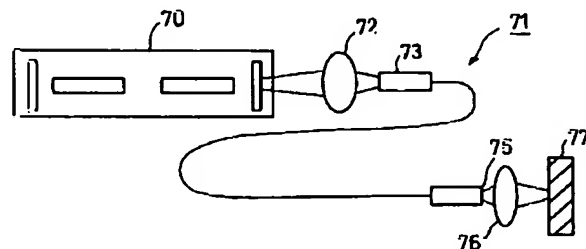
【図4】



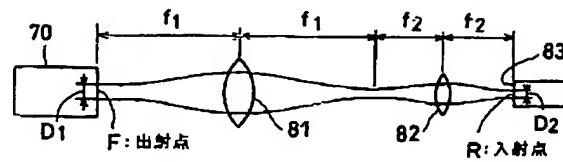
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 光夫
神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株
式会社東芝生産技術センター内

(72)発明者 小原 隆
神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株
式会社東芝生産技術センター内
Fターム(参考) 4E068 CA05 CA11 CE08
5F072 AK01 KK01 KK09 KK30 YY06